

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5613658号  
(P5613658)

(45) 発行日 平成26年10月29日(2014.10.29)

(24) 登録日 平成26年9月12日(2014.9.12)

(51) Int.Cl.	F I
<b>B 2 9 C</b> 59/02 (2006.01)	B 2 9 C 59/02 Z
<b>B 0 5 D</b> 3/12 (2006.01)	B 0 5 D 3/12 Z N M C
<b>B 0 5 D</b> 1/28 (2006.01)	B 0 5 D 1/28
<b>B 0 5 D</b> 7/00 (2006.01)	B 0 5 D 7/00 A
<b>B 0 5 D</b> 7/24 (2006.01)	B 0 5 D 7/24 3 0 1 Z
請求項の数 19 (全 16 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号	特願2011-502956 (P2011-502956)	(73) 特許権者	503193362
(86) (22) 出願日	平成21年4月1日(2009.4.1)		モレキュラー・インプリント・インコーポ
(65) 公表番号	特表2011-520641 (P2011-520641A)		レーテッド
(43) 公表日	平成23年7月21日(2011.7.21)		アメリカ合衆国・78758-3605・
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/002032		テキサス州・オースティン・ウエスト
(87) 国際公開番号	W02009/123721		ブレイカー レーン・1807・ビルディン
(87) 国際公開日	平成21年10月8日(2009.10.8)		グ シー100
審査請求日	平成24年3月21日(2012.3.21)	(73) 特許権者	500039463
(31) 優先権主張番号	12/415,563		ボード・オブ・リージェンツ, ザ・ユニバ
(32) 優先日	平成21年3月31日(2009.3.31)		ーシテイ・オブ・テキサス・システム
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国、テキサス・78701、
(31) 優先権主張番号	61/041,264		オースティン、ウエスト・セブンス・スト
(32) 優先日	平成20年4月1日(2008.4.1)		リート・201
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100064621
			弁理士 山川 政樹
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 大面積ロールツーロール・インプリント・リソグラフィ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

膜シートの上に重合可能材料をパターンニングするための方法であって、  
前記膜シートの上に重合可能材料の複数の小滴を分与するステップと、  
可撓性を有する前記膜シートを比較的平らな構成に維持するステップであって、それにより、第1のインプリント・リソグラフィ・テンプレートと接触する前に、前記膜シートの変形、および前記膜シートの起伏の間における前記小滴の局部トラッピングを防止する、  
ステップと、

前記第1のインプリント・リソグラフィ・テンプレートと前記膜シート上の重合可能材料の前記小滴が接触するよう、前記第1のインプリント・リソグラフィ・テンプレートに力を印加するステップと、

残留層および少なくとも1つのフィーチャを有するパターン化された層を形成するために前記重合可能材料を凝固させるステップと  
から構成され、

前記力は、前記第1のインプリント・リソグラフィ・テンプレートと接触している間に小滴が合体して連続層が形成されるよう、前記膜シートの起伏間の前記重合可能材料の前記小滴の局部トラッピングを最小化するように予め決定されている、ことを特徴とする方法。

## 【請求項 2】

前記小滴を分与するステップに先立って前記膜シートの張力を調整するステップをさら

10

20

に含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記膜シートの張力を調整するステップは、前記膜シートの引張り強さを強くするステップを含むことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記膜シート上に分与されると前記小滴が合体して連続層が形成されるよう、前記小滴を分与するステップに先立って前記重合可能材料の表面接触角を調整するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記膜シート上に分与されると前記小滴が合体して連続層が形成されるよう、前記小滴を分与するステップに先立って前記重合可能材料の粘性を調整するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記膜シート上に分与されると前記小滴が合体して連続層が形成されるよう、前記小滴を分与するステップに先立って前記重合可能材料の前記小滴のサイズを調整するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記膜シート上に分与されると前記小滴が合体して連続層が形成されるよう、前記小滴を分与するステップに先立って前記重合可能材料の配置を調整するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 8】

前記膜シートは、第 1 のローラおよび第 2 のローラに結合され、前記第 1 のローラおよび前記第 2 のローラが、前記膜シートの第 1 の部分が前記第 1 のインプリント・リソグラフィ・テンプレートに対して実質的に平行になるよう、互いに実質的に平行に配置されることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

前記第 1 のインプリント・リソグラフィ・テンプレートは複数の型を含むことを特徴とする、請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

前記第 1 のインプリント・リソグラフィ・テンプレートの前記複数の型は、実質的に類似していることを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

30

【請求項 11】

前記第 1 のインプリント・リソグラフィ・テンプレートの前記複数の型は、第 2 のサブセットの型と相補をなす第 1 のサブセットの型を含むことを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【請求項 12】

前記第 1 のインプリント・リソグラフィ・テンプレートに隣接するチャッキング・システムをさらに備え、前記チャッキング・システムは個々の型と重畳して複数のチャンバを画定することを特徴とする請求項 9 乃至 11 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

個々のチャンバと流体連絡しているポンプ・システムをさらに備え、前記第 1 のインプリント・リソグラフィ・テンプレートの一部は前記膜シートから離れる方向に湾曲し、かつ、前記テンプレートの一部が前記膜シートに向かって湾曲するよう、前記ポンプ・システムは個々のチャンバを真空状態にすることが可能であることを特徴とする請求項 12 に記載の方法。

40

【請求項 14】

個々のチャンバと流体連絡しているポンプ・システムをさらに備え、前記ポンプ・システムは個々のチャンバを圧力状態にすることが可能であることを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の方法。

【請求項 15】

50

第2のインプリント・リソグラフィ・テンプレートを使用して前記パターン化された層の上に第2のパターン化された層をパターンニングするステップをさらに備え、そのステップにおいて、前記第2のインプリント・リソグラフィ・テンプレートは、前記第1のインプリント・リソグラフィ・テンプレートを使用して前記パターン化された層を形成している間、前記重合可能材料からオフセットして配置され、また、前記第2のインプリント・リソグラフィ・テンプレートを使用してパターンニングしている間、前記第1のインプリント・リソグラフィ・テンプレートが前記パターン化された層からオフセットして配置されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項16】

前記第1のインプリント・リソグラフィ・テンプレートは、前記膜シートに向かって延在している複数の型、および型が実質的に存在しない複数の部分を含むことを特徴とする請求項15に記載の方法。

10

【請求項17】

前記第2のインプリント・リソグラフィ・テンプレートは前記第1のインプリント・リソグラフィ・テンプレートと相補をなすことを特徴とする請求項15または16に記載の方法。

【請求項18】

膜シートが実質的に平らになるよう、前記膜シート中の起伏が最小化されるように、前記パターン化された層をパターン化するために前記第2のインプリント・リソグラフィ・テンプレートに印加される力を決定することができることを特徴とする請求項15乃至17のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項19】

前記膜シートは第1のローラおよび第2のローラに結合され、

前記パターン化された層および前記第2のパターン化された層を有する前記膜シートを前記第2のローラによって巻き戻すステップと、

巻き戻すステップに先立って前記第2のパターン化された層の上に膜をパターンニングするステップであって、前記膜シートを巻き戻している間、前記膜が前記第2のパターン化された層を損傷から保護するステップと

をさらに含むことを特徴とする請求項15乃至18のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本出願は、米国特許法第119条(e)(1)に基づいて、2008年4月1日出願した米国仮出願第61/041264号および2009年3月31日出願した米国出願第12/415563号の利益を主張するものであり、これらはいずれもここに参照によりその全体が本明細書に組み込まれている。

【背景技術】

【0002】

ナノ製造には、100ナノメートル以下の程度のフィーチャを有する非常に小さい構造の製造が含まれている。ナノ製造が相当な影響力を有している用途の1つは、集積回路の処理における用途である。半導体処理産業は、製造歩留りをより大きくし、かつ、基板上に形成される単位面積当たりの回路を増やすためにたゆまぬ努力を続けており、したがってナノ製造はますます重要になっている。ナノ製造は、より高度のプロセス制御を提供し、その一方で、形成される構造の最小フィーチャ寸法の継続的な縮小を可能にしている。ナノ製造が使用されている他の開発分野には、バイオテクノロジー、光学技術、機械システム、等々が含まれている。

40

【0003】

今日使用されている一例示的ナノ製造技法は、一般にインプリント・リソグラフィと呼ばれている。米国特許公開第2004/0065976号、米国特許公開第2004/0

50

065252号および米国特許第6936194号などの多数の公告に、例示的インプリント・リソグラフィ・プロセスが詳細に記載されており、これらはすべて参照により本明細書に組み込まれている。

【0004】

上で言及した米国特許公開および特許の各々に開示されているインプリント・リソグラフィ技法には、成形可能（重合可能）層中へのレリーフ・パターンの形成、および下方に位置している基板中へのレリーフ・パターンに対応するパターンの転写が含まれている。基板は、運動ステージに結合されることができ、それによりパターンング・プロセスを容易にするための所望の位置決めを得ることができる。パターンング・プロセスには、基板から間隔を隔てたテンプレート、およびテンプレートと基板の間に加えられる成形可能液が使用されている。成形可能液は、凝固して、成形可能液と接触するテンプレートの表面の形状と一致するパターンを有する剛直層を形成する。成形可能液が凝固すると、テンプレートおよび基板が間隔を隔てるよう、剛直層からテンプレートが分離される。次に、基板および凝固層に追加プロセスが施され、凝固層中のパターンに対応するレリーフ・イメージが基板中に転写される。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】米国特許公開第2004/0065976号、

【特許文献2】米国特許公開第2004/0065252号

20

【特許文献3】米国特許第6936194号

【発明の概要】

【0006】

本発明のより詳細な理解は、添付図を参照した、本発明の実施形態の説明から提供されよう。しかしながら、添付の図面に示されているのは本発明の典型的な実施形態にすぎず、したがって本発明の範囲を限定するものと見なしてはならないことに留意されたい。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】従来技術によるリソグラフィ・システムの簡易側面図である。

【図2】本発明の一実施形態によるリソグラフィ・システムの簡易側面図である。

30

【図3】図2に示されている膜シートであって、その上にパターン化された層が配置された膜シートの簡易側面図である。

【図4】図2に示されているローラ・アセンブリを上から見た上面図である。

【図5】膜シートの上に材料の小滴の局部トラッピングを有する膜シートの簡易側面図である。

【図6A】本発明の一実施形態によるリソグラフィ・システムの簡易側面図である。

【図6B】インプリント・リソグラフィ・テンプレートと膜シート上の材料との間の接触を提供する力が印加された、図6Aのリソグラフィ・システムの簡易側面図である。

【図7A】第1のインプリント・リソグラフィ・テンプレートと膜シート上の材料との間の接触を提供する力が印加されたリソグラフィ・システムの簡易側面図である。

40

【図7B】第2のインプリント・リソグラフィ・テンプレートと膜シート上の材料との間の接触を提供する力が印加された、図7Bのリソグラフィ・システムの簡易側面図である。

【図8】膜シートの上にパターンをインプリントするための方法のフローチャートである。

【図9】複数の型を有するテンプレートを上から見た上面図である。

【図10A】本発明の一実施形態によるリソグラフィ・システムの簡易側面図である。

【図10B】一実施形態による、膜シートの上にパターンをインプリントする型を有する、図10Aのリソグラフィ・システムの簡易側面図である。

【図11】第1のパターンの型を有する第1のテンプレートを上から見た上面図である。

50

【図 1 2】図 1 1 の第 1 のテンプレートの第 1 のパターンの型と相補をなす第 2 のパターンの型を有する第 2 のテンプレートを上から見た上面図である。

【図 1 3】複数のテンプレートを使用して膜シートの上にパターンをインプリントする方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0008】

これらの図のうちのとりわけ図 1 を参照すると、示されているようなリソグラフィに使用される従来技術によるローラ・アセンブリ・システムには、意図するパターンの忠実度を保持した状態で製造が困難であるテンプレートが使用されている。例えば、このような設計をシステムのために使用する場合、テンプレートが 100 nm 未満のフィーチャを有している場合、パターンの忠実度が犠牲になる。さらに、一様な圧力を達成することが困難であり、したがってこのようなローラ・アセンブリ・システムによって形成されるパターンのフィーチャは、その結果生じる非一様な圧力によってひずみが生じることになる。

10

【0009】

図 2 ~ 4 を参照すると、本発明による、膜シート 1 2 の上にレリーフ・パターンを形成するために使用されるリソグラフィ・システム 1 0 が示されている。膜シート 1 2 の材料は、それらに限定されないが、重合膜、ガラス、ケイ素、窒化ケイ素、Kevlar (商標) 補強重合体膜、アルミニウムおよび / または類似の材料を含むことができる。膜シート 1 2 の厚さは、設計要件に基づくことができる。例えば、膜シート 1 2 は、厚さ約 10  $\mu\text{m}$  ~ 500  $\mu\text{m}$  の薄膜シート 1 2 であってもよい。膜シート 1 2 は、高度に可撓性にする

20

【0010】

膜シート 1 2 は、1 つまたは複数のローラ 1 3 に結合されることができる。例えば、図 2 に示されているように、膜シート 1 2 は、ローラ 1 3 a および 1 3 b に結合されることができる。図 7 A および 7 B に示されているように、膜シート 1 2 は、ローラ 1 3 c、1 3 d および 1 3 e に結合されることができる。設計要件に応じて任意の数のローラ 1 3 を使用することができることに留意されたい。例えば、図 7 A および 7 B では、ローラ 1 3 d は、膜シート 1 2 の全体的および / または局所的な変形を最小化する追加サポートを提供することができる。追加ローラ 1 3 は、このような変形を最小化するサポートをさらに提供することができる。

30

【0011】

ローラ 1 3 は、膜シート 1 2 の少なくとも一部の移動を容易にすることができる。例えば、図 2 のローラ 1 3 a および 1 3 b は、矢印 1 7 の方向における膜シート 1 2 の移動を容易にするために回転させることができる。このような移動により、テンプレート 1 8 と重畳する膜シート 1 2 の異なる部分を選択的に提供することができる。例えば、膜シート 1 2 の第 1 の部分 1 5 は、テンプレート 1 8 と重畳する固定領域を有することができる。ローラ 1 3 は、膜シートの第 1 の部分 1 5 がパターンングのためにテンプレート 1 8 と重畳する 1 メートル x 1 メートルの固定領域を有できるように、膜シート 1 2 の移動を選択的に容易にすることができる。固定領域のパターンングが終了すると、ローラ 1 3 は、膜シート 1 2 の第 1 の部分 1 5 をテンプレート 1 8 からオフセットさせるために、膜シート 1 2 の移動を容易にすることができる。リソグラフィ・プロセス内で使用するためのローラは当分野でよく知られているため、説明を簡潔にするためにローラ 1 3 は詳細には記述されていない (例えば直径、物質性)。

40

【0012】

個々のローラ 1 3 は軸  $A_x$  を有することができる。例えば、図 2 のローラ 1 3 a および 1 3 b は、それぞれ軸  $A_1$  および  $A_2$  を有している。ローラ 1 3 の軸  $A_x$  は、システム 1 0 内で互いに実質的に平行に配置することができる。例えば、ローラ 1 3 a および 1 3 b は、膜シート 1 2 の第 1 の部分 1 5 が平面  $P_2$  内のテンプレート 1 8 に対して実質的に平行になるよう、互いに実質的に平行に、かつ、同じ平面  $P_1$  内に配置することができる。別

50

法としては、ローラ 13 の軸  $A_x$  は、膜シート 12 の第 1 の部分 15 が平面  $P_2$  内のテンプレート 18 に対して一定の角度で配置されるよう、互いに実質的に平行で、かつ、異なる平面に配置することも可能である。角度の大きさは、設計要件に基づいて決定することができる。

#### 【0013】

膜シート 12 はチャック 16 に結合されることができる。チャック 28 は、それらに限定されないが、真空チャック、ピン型チャック、溝型チャック、静電チャック、電磁チャックおよび/または他の類似したタイプのチャックとして構成することができる。参照により本明細書に組み込まれている米国特許第 6873087 号に、例示的チャックが詳細に記載されている。一実施形態では、チャック 16 は、参照により本明細書に組み込まれている米国特許公開第 20070190200 号に詳細に記載されているような多孔性チャックであってもよい。他の実施形態では、チャック 16 の代わりに、あるいはチャック 16 に追加して、中空ブロックまたは固体ブロックによって膜シート 12 をサポートすることができる。ブロックは、チャック 16 のサイズおよび/または形状と同様のサイズおよび/または形状にすることができ、通常、膜シート 12 の全体的および/または局部的な湾曲を防止するために、膜シートにサポートを提供することができる。

#### 【0014】

テンプレート 18 は、テンプレート 18 から膜シート 12 に向かって延在しているメサ 20 を含むことができ、メサ 20 は、その上にパターニング表面 22 を有している。メサ 20 は、型 20 またはインプリント型 20 と呼ぶことができる。別法としては、メサ 20 のないテンプレート 18 を形成することも可能である。

#### 【0015】

テンプレート 18 および/または型 20 は、それらに限定されないが、石英ガラス、水晶、ケイ素、有機重合体、シロキサン重合体、ホウケイ酸ガラス、フッ化炭化水素重合体、金属、硬化サファイヤおよび/または類似などを始めとする材料から形成することができる。テンプレート 18 の厚さは設計要件に基づくことができる。一実施形態では、テンプレート 18 は、約 0.5 mm の厚さを有することができる。

#### 【0016】

図 2 ~ 4 に示されているように、パターニング表面 22 は、間隔を隔てた複数の凹所 24 および/または突起 26 によって画定されたフィーチャを備えているが、本発明の実施形態は、このような構成に限定されない。パターニング表面 22 は、膜シート 12 上に形成すべきパターンの基礎を形成する任意のオリジナル・パターンを画定することができる。別法としては、パターニング表面 22 は、実質的に滑らかな表面および/または平らな表面であってもよい。

#### 【0017】

テンプレート 18 はチャック 28 に結合されることができる。チャック 28 は、それらに限定されないが、真空チャック、ピン型チャック、溝型チャック、静電チャック、電磁チャックおよび/または他の類似したタイプのチャックとして構成することができる。参照により本明細書に組み込まれている米国特許第 6873087 号に、例示的チャックが詳細に記載されている。さらに、チャック 28 は、テンプレート 18 の移動を容易にするようにチャック 28 および/またはインプリント・ヘッド 30 を構成することができるように、インプリント・ヘッド 30 に結合されることができる。

#### 【0018】

システム 10 は、さらに、流体分与システム 32 を備えることができる。流体分与システム 32 を使用して、膜シート 12 の上に重合可能材料 34 を堆積させることができる。重合可能材料 34 は、滴下分与(drop dispense)、スピン塗布(spin-coating)、浸漬被覆(dip coating)、化学気相成長(CVD)、物理気相成長(PVD)、薄膜堆積(thin film deposition)、厚膜堆積(thick film deposition) および/または類似などの技法を使用して膜シート 12 の上に配置することができる。例えば、重合可能材料 34 は、いずれも参照により本明細書に組み込まれている米国特許公開第 2005/0270312 号お

10

20

30

40

50

よび米国特許公開第2005/0106321号に記載されている技法などの技法を使用して膜シート12の上に配置することができる。重合可能材料34は、設計要件に応じて、型20と膜シート12の間に所望の体積が画定される前および/または画定された後に膜シート12の上に配置することができる。

#### 【0019】

重合可能材料34は、膜シート12の第1の部分15の上に、間隔を隔てた複数の小滴として堆積させることができる。例えば、重合可能材料34は、個々の小滴が約1ピコリットル~200ピコリットルの単位体積を有する堆積小滴であってもよい。重合可能材料34の小滴は、滴下パターンに従って膜シート12の第1の部分の上に配置することができる。滴下パターンは、設計要件に基づくことができ、および/または参照により本明細書に組み込まれている米国特許公開第2005/0270312号に記載されている特性などの特定の特性が提供されるように決定することができる。

10

#### 【0020】

重合可能材料34は、いずれも参照により本明細書に組み込まれている米国特許第7157036号および米国特許公開第2005/0187339号に記載されている単体混合物を含むことができる。また、インプリント後の濡れおよび/または粘着を容易にするために、参照により本明細書に組み込まれている米国特許公開第2007/0114686号に記載されている組成を使用して膜シート12を処理することができる。

#### 【0021】

図2~4を参照すると、システム10は、さらに、エネルギー40を経路42に沿って向けるように結合されたエネルギー源38を備えることができる。インプリント・ヘッド30および/またはローラ13は、テンプレート18および膜シート12の第1の部分15が経路42に重畳して配置されるように構成することができる。システム10は、ローラ13、インプリント・ヘッド30、流体分与システム32、ポンプ・システム60および/またはエネルギー源38と通信しているプロセッサ54によって調整することができる。また、メモリ56に記憶されているコンピュータ可読プログラム上で動作させることができる。

20

#### 【0022】

インプリント・ヘッド30は、型20と膜シート12の第1の部分15の間の距離を変更することができる。それにより重合可能材料34が充填される所望の体積をそれらの間に画定することができる。例えば、インプリント・ヘッド30は、型20が重合可能材料34と接触するよう、テンプレート18に力を印加することができる。所望の体積に重合可能材料34が充填されると、エネルギー源38は、エネルギー40、例えば紫外放射を生成して重合可能材料34を凝固および/または交差結合させ、膜シート12の第1の部分15の表面44の形状とパターン化表面22の形状を一致させ、膜シート12の第1の部分15の上にパターン化された層46を画定する。パターン化された層46は、残留層48を備えることができ、また、突起50および凹所52として示されている複数のフィーチャを備えることができる。突起50は厚さ $t_1$ を有しており、また、残留層は厚さ $t_2$ を有している。

30

#### 【0023】

図7Aおよび7Bを参照すると、複数のテンプレート18を使用して、膜シート12の上にパターン化された層46を形成することができる。例えば、第1の位置に存在している第1のテンプレート18bは、パターン化された層46の第1の部分15をパターン化することができる。また、第2の位置に存在している第2のテンプレート18cは、パターン化された層46の第1の部分15をパターン化することができる。パターン化された層46の第1の部分15は、膜シート12の上に第1の層を形成している第1のテンプレート18bによってパターン化することができる。また、第2のテンプレート18cは、第1の層の上に第2の層を直接パターン化することができる。別法としては、パターン化された層46の第1の部分を、パターン化された複数の領域を形成している第1のテンプレート18bによってパターン化し、第2のテンプレート18cを使用して隣接する領域を

40

50

パターンニングすることも可能である。

【 0 0 2 4 】

膜シート 1 2 の第 1 の部分 1 5 がパターンニングされると、ローラ 1 3 は、膜シート 1 2 の第 1 の部分 1 5 がテンプレート 1 8 から離れた位置に配置され（例えばオフセットされ）、かつ、膜シート 1 2 の第 2 の部分 1 7 がテンプレート 1 8 と重畳して配置されるよう、膜シート 1 2 の移動を容易にすることができる。例えば、図 2 に示されているように、ローラ 1 3 a および 1 3 b は、膜シートの第 1 の部分 1 5 がテンプレート 1 8 から離れた位置に配置され、かつ、膜シート 1 2 の第 2 の部分 1 7 a がテンプレート 1 8 と重畳して配置されるよう、矢印 1 7 の方向における膜シート 1 2 の移動を容易にすることができる。次に、膜シート 1 2 の第 2 の部分 1 7 a をパターン化することができ、また、ローラ 1 3 は、膜シート 1 2 の他の部分がテンプレート 1 8 と重畳して配置されるよう、膜シート 1 2 の移動を容易にすることができる。このプロセスは、必要に応じて多数回にわたって繰り返すことができる。

10

【 0 0 2 5 】

ローラ 1 3 は、図 2 に示されている膜シートの移動を容易にするためのガイドとしての役割を果たすことができ、および／またはローラ 1 3 は、パターン化されていない膜シート 1 2 および／またはパターン化された膜シート 1 2 を保管することができる。例えば、パターン化されていない膜シート 1 2 をローラ 1 3 a の周囲に同心状に巻き付けて第 1 のロールを形成することができ、また、パターン化された膜シート 1 2 をローラ 1 3 b の周囲に同心状に巻き付けて第 2 のロールを形成することができる。

20

【 0 0 2 6 】

パターン化された層 4 6 は、参照により本明細書に組み込まれている米国特許公開第 2 0 0 8 / 0 3 0 8 9 7 1 号に記載されている保護膜によって保護することができる。このような保護膜により、パターン化された層 4 6 および／または引き続いて製造される膜シート 1 2 上のパターンを損傷することなく、膜シート 1 2 をロールに巻き戻すことができる。例えば、パターン化された層 4 6 および／または引き続いて製造される膜シート 1 2 上のパターンの上に材料を堆積させ、凝固させ、かつ、膜シート 1 2 を保管するためにローラ 1 3 b に巻き戻すことができる。

【 0 0 2 7 】

上で言及したシステムおよびプロセスは、さらに、米国特許第 6 9 3 2 9 3 4 号、米国特許公開第 2 0 0 4 / 0 1 2 4 5 6 6 号、米国特許公開第 2 0 0 4 / 0 1 8 8 3 8 1 号および米国特許公開第 2 0 0 4 / 0 2 1 1 7 5 4 号に参照されているインプリント・リソグラフィ・プロセスおよびシステムに使用することができ、これらはすべて参照により本明細書に組み込まれている。

30

【 0 0 2 8 】

重合可能材料の小滴の合体

図 2 および 5 を参照すると、膜シート 1 2 の第 1 の部分 1 5 の上に配置された小滴の形態で重合可能材料 3 4 が分与されると、重合可能材料 3 4 の小滴は、膜シート 1 2 および／または型 2 0 の間にトラップされることがある。例えば、最小厚さを有する膜シート 1 2（例えば約 1 0  $\mu\text{m}$  ~ 5 0 0  $\mu\text{m}$  の薄膜シート）は、重合可能材料 3 4 の小滴の重量を支えることができないことがある。したがって膜シート 1 2 は、小滴をトラッピングしている小滴の重量の下で起伏を形成することがある。重合可能材料 3 4 の小滴のこのようなトラッピングは、図 5 に示されているように膜シート 1 2 が変形する原因になることがある。変形を防止するために、比較的平らな構成（例えば膜シートの表面に実質的に突起および／または凹みがない構成）で膜シート 1 2 を維持することができる。さらに、小滴の合体による連続層の形成を最小化することができ、および／または重合可能材料 3 4 の小滴のトラッピングおよび膜シート 1 2 の変形を防止することができる。

40

【 0 0 2 9 】

図 2 および 5 ~ 7 を参照すると、上で既に説明したように、インプリント・ヘッド 3 0 は、型 2 0 と重合可能材料 3 4 が接触するよう、テンプレート 1 8 に力を印加することが

50



できる。この力および/または他の外力(本明細書においては集合的に、印加力Fまたは力Fと呼ばれている)を制御することにより、膜シート12上の重合可能材料34の小滴の局部トラッピングを最小化することができる。例えば、印加力Fの大きさを制御する(例えば最小化する)ことにより、参照により本明細書に組み込まれている米国特許公開第2005/0061773号に詳細に記載されているように、型20および/または膜シート12との重合可能材料34の毛管力を使用することができる。

#### 【0030】

印加力Fの制御は、

$$F = h^3 v \mu \quad (\text{式1})$$

によって決定することができる。上式で、hは小滴の高さ(例えば200nm~1000nmであって、400nmより高いことが好ましい)であり、vは型20と小滴が接触する速度(例えば20~100μm/秒)であり、また、μは小滴中の重合可能材料34の粘性(例えば0.5cps~200cps)である。

#### 【0031】

さらに、重合可能材料34の滴の合体は、膜シート12と結合した張力を変化させることによって提供し、および/または制御することができる。繊維(例えば金属繊維、ガラス繊維および/または類似)を使用して膜シート12を補強することによって強力な引張り強さを提供することができる。繊維は、ローラ13によって提供される引張り力の方向に沿って整列させることができる。一実施形態では、厚さ100μm、幅1m、引張り強さ1~200MPaの膜シート12の場合、膜シート12と結合した張力の大きさは、約1Nないし200Nにすることができる。

#### 【0032】

また、重合可能材料34の小滴の合体は、膜シート12上の重合可能材料34の表面接触角(例えば1°~30°)を変化させることによって提供し、および/または制御することができる。いずれも参照により本明細書に組み込まれている米国特許第12/336821号および米国特許公開第2006/0175736号に、表面接触角を変化させるための例示的方法が詳細に記載されている。

#### 【0033】

さらに、重合可能材料34の小滴の合体は、重合可能材料34の粘性、重合可能材料34の小滴のサイズおよび/または膜シート12上の重合可能材料34の小滴の配置を調整することによって提供し、および/または制御することができる。例えば、重合可能材料34の粘性は、1cps~200cpsの間で変化させることができる。小滴は、直径が約10μmと100μmの間、高さが約20nmと1000nmの間、および/または小滴と小滴の間の中心間の距離が約10μm~250μmになるようにサイズ化することができる。これらのエレメントの各々を調整することにより、重合可能材料34の小滴を合体させることができる。

#### 【0034】

図8は、インプリント・リソグラフィ・プロセスの間、膜シート12上の重合可能材料34の小滴のトラッピングを最小化し、および/または膜シート12の変形を最小化するための一例示的方法80のフローチャートを示したものである。ステップ82で、膜シート12の上に重合可能材料34の小滴を配置するための滴下パターンを決定することができる。この滴下パターンは、インプリント・リソグラフィ・プロセスの間、型20によって所望の厚さの残留層および所望のフィーチャ・フォーメーションが提供されるように決定することができる。さらに、小滴の予測高さおよび重合可能材料34の予測粘性を使用して滴下パターンを決定することができる。ステップ84で、型20が重合可能材料34に接触する予測速度を決定することができる。ステップ86で、予測高さ、予測粘性および予測速度を使用して力Fの大きさの予測値を決定することができる。ステップ88で、滴下パターンに基づいて膜シート12の上に重合可能材料34を分与することができる。ステップ90で、予測速度に基づいて型20を重合可能材料34に接触させることができる。合体する機会を小滴に提供することができる。別法としては、テンプレート18と重

10

20

30

40

50

合可能材料 3 4 の小滴が接触する前に重合可能材料 3 4 の小滴が合体するよう、条件（例えば予測高さ、予測粘性、等々）を決定することも可能である。ステップ 9 2 で、膜シート 1 2 の変形および／またはパターンニング層 4 6 の連続性を評価することができる。ステップ 9 4 で、分与された小滴の予測高さおよび重合可能材料 3 4 の予測粘性を調整することができる、および／または膜シート 1 2 の変形および／またはパターンニング層 4 6 の連続性の評価に基づいて力 F の大きさの予測値を調整するために、型 2 0 と重合可能材料 3 4 が接触する予測速度を変更することができる。ステップ 9 6 で、膜シート 1 2 の変形および／またはパターンニング層 4 6 の連続性の評価に基づいて、膜シート 1 2 の張力、重合可能材料 3 4 の表面接触角および／または滴下パターン中の小滴の滴配置を調整することができる。ステップ 9 8 で、膜シート 1 2 の変形が最小化されるまで、および／またはパターンニング層 4 6 の所望の連続性が得られるまでステップ 8 6 ~ 9 6 を繰り返すことができる。

10

#### 【 0 0 3 5 】

##### 大面積のパターンニング

膜シート 1 2 をパターンニングする場合、スループットを大きくするために、複数の型 2 0 実施形態および／または複数のテンプレート 1 8 実施形態を使用することができる。例えば、図 2、9 および 1 0 を参照すると、テンプレート 1 8 は、複数の型 2 0 を備えることができ、個々の型 2 0 を使用して実質的に同じ時間期間で、および／または比較的異なる時間期間で膜シート 1 2 をパターンニングすることができる。例えば、図 9 のテンプレート 1 8 a は、複数の型 2 0 a、2 0 b、2 0 c、2 0 d、2 0 e、2 0 f、2 0 g、2 0 h および 2 0 i を含むことができる。型 2 0 a ~ 2 0 i は、図 2 に示されている型 2 0 と実質的に同じ型であってもよい。個々の型 2 0 a ~ 2 0 i は、その上に形成された実質的に同じパターンを有することができ、および／またはその上に形成された異なるパターンを有することも可能である。例えば、型 2 0 b、2 0 d、2 0 f および 2 0 h は、その上に形成された、M O L D<sub>1</sub>で参照されている実質的に同じパターンを有することができ、また、型 2 0 a、2 0 c、2 0 e、2 0 g および 2 0 i は、その上に形成された、M O L D<sub>2</sub>で参照されている実質的に同じパターンを有することができる。M O L D<sub>2</sub>は、さらには、M O L D<sub>1</sub>の相補をなすことも可能である。テンプレート 1 8 a は、その上に配置された任意の数の型 2 0 を有することができ、これらの型 2 0 は、設計要件に応じて任意の組合せのパターンを有することができることに留意されたい。

20

30

#### 【 0 0 3 6 】

テンプレート・チャック 2 8 および／またはポンプ・システム 6 0 は、図 9 に示されているテンプレート 1 8 a の形状を制御することができる。テンプレート・チャック 2 8 の少なくとも一部および個々の型 2 0 と重畳しているテンプレート 1 8 a の領域は、チャンバ 6 2 を画定することができる。例えば、テンプレート・チャック 2 8 の少なくとも一部および型 2 0 a、2 0 b および 2 0 c の各々と重畳しているテンプレート 1 8 a の領域は、それぞれチャンバ 6 2 a、6 2 b および 6 2 c を画定している。図解を簡潔にするために、図 1 0 A および 1 0 B にはチャンバ 6 2 a ~ 6 2 c しか示されていないが、チャンバ 6 2 d ~ 6 2 i は、チャンバ 6 2 a ~ 6 2 c と実質的に類似していてもよいことを理解されたい。

40

#### 【 0 0 3 7 】

個々のチャンバ 6 2 は、ポンプ・システム 6 0 と流体連絡することができる。ポンプ・システム 6 0 は、個々のチャンバ 6 2 内の圧力を集散的に制御することができる。別法としては、個々のチャンバ 6 2 は、個別のポンプ・システム 6 0 と連絡することも可能である。

#### 【 0 0 3 8 】

ポンプ・システム 6 0 は、実質的に同じ時間期間での、および／または比較的異なる時間期間での膜シート 1 2 のパターンニングを提供するために、個々のチャンバ 6 2 内の圧力を制御している。例えば、重合可能材料 3 4 を膜シート 1 2 の上に分与することができ、また、ポンプ・システム 6 0 は、図 1 0 B に示されているように、型 2 0 b および／また

50

は20cとは異なる時間に、膜シート12上の重合可能材料34をパターン化するために型20aを提供する。米国特許公開第20070190200号に、例示的パターンニング技法が詳細に記載されている。

【0039】

図7、11および12を参照すると、他の実施形態では、システム10は、少なくとも2つのテンプレート18bおよび18cを備えることができる。テンプレート18bおよび18cは、本明細書において説明されているテンプレート18および18aに実質的に類似していてもよい。

【0040】

テンプレート18bは、テンプレート18cと相補をなしていてもよく、また、その逆であってもよい。例えば、実質的に型20が存在していなくてもよいテンプレート18bの部分21は、テンプレート18cの中に、型20を有している部分64に対応する領域を有することができる。図7、11および12に示されているように、テンプレート18bは、テンプレート18cの部分21a、21c、21e、21gおよび21iに対応する型20a、20c、20e、20gおよび20iを備えている。同様に、テンプレート18cは、テンプレート18bの部分21b、21d、21fおよび21hに対応する型20b、20d、20fおよび20hを備えている。

【0041】

テンプレート18bおよび18cは、図10に関連して上で説明したシステムと同様、チャンバ62a~62iを画定しているポンプ・システム60と流体連絡することができる。例えば、テンプレート18bに関しては、テンプレート・チャック28の少なくとも一部および型20a、20c、20e、20gおよび20iの各々と重畳しているテンプレート18bの領域は、チャンバ62a、62c、62e、62gおよび62iを画定している。さらに、チャンバ62a、62c、62e、62gおよび62iは、テンプレート18cの部分21a、21c、21e、21gおよび21iと重畳することができる。テンプレート18cに関しては、テンプレート・チャック28の少なくとも一部および型20b、20d、20fおよび20hの各々と重畳しているテンプレート18cの領域は、チャンバ62b、62d、62fおよび62hを画定している。さらに、チャンバ62b、62d、62fおよび62hは、テンプレート18cの部分21b、21d、21fおよび21hと重畳することができる。

【0042】

図13は、テンプレート18bおよび18cを使用して膜シート12をパターン化するための方法100のフローチャートを示したものである。ステップ102で、膜シート12の上に重合可能材料34を分与することができる。ステップ104で、ポンプ・システム60は、テンプレート18bの部分21b、21d、21fおよび21hが膜シート12から離れる方向に湾曲し、その結果、型20a、20c、20e、20gおよび20iが膜シート12に向かって湾曲するよう、チャンバ62b、62d、62fおよび62hを真空状態にすることができる。したがって、テンプレート18bの型20a、20c、20e、20gおよび20iを重合可能材料34に接触させ、一方、テンプレート18bの部分21b、21d、21fおよび21hは、重合可能材料34に接触しないようにすることができる。ステップ106で、重合可能材料を凝固させてチェッカー盤パターンを形成することができる。設計要件に基づいて任意のパターンを形成することができることに留意されたい。例えば、チェッカー盤パターンの第1の部分は、チェッカー盤パターンの第2の部分を提供する次のテンプレートを使用して形成することができる。任意選択ステップ108で、ポンプ・システム60は、テンプレート18bとパターン化された層46の分離を容易にするために、チャンバ62b、62d、62fおよび62hを圧力状態にすることができる。ステップ110でテンプレート18bを除去することができる。ステップ112で、膜シート12の上に重合可能材料34を分与することができる。ステップ114で、ポンプ・システム60は、部分21a、21c、21e、21gおよび21iが膜シート12から離れる方向に湾曲し、その結果、型20b、20d、20fおよび

20 h が膜シート 12 に向かって湾曲するよう、チャンバ 62 a、62 c、62 e、62 g および 62 i を真空状態にすることができる。例えば、型 20 b、20 d、20 f および 20 h を重合可能材料 34 に接触させ、一方、部分 21 a、21 c、21 e、21 g および 21 i は、重合可能材料 34 に接触しないようにすることができる。任意選択ステップ 116 で、ポンプ・システム 60 は、テンプレート 18 c とパターン化された層 46 の分離を容易にするために、チャンバ 62 a、62 c、62 e、62 g および 62 i を圧力状態にすることができる。テンプレート 18 c は、テンプレート 18 b による重合可能材料 34 のパターンニングに先立って重合可能材料 34 をパターンニングすることができることに留意されたい。

【0043】

10

膜シート 12 のパターンニングは、必要な任意の用途に使用することができる。例えば、膜シート 12 のパターンニングは、参照により本明細書に組み込まれている米国第 12 / 324120 号に詳細に記載されているように、10 nm ~ 100 nm のフィーチャ・サイズを有する太陽電池の微小構造化に使用することができる。さらに、膜シート 12 のパターンニングは、約 50 nm ~ 500 nm のサイズを有する偏光子、50 nm ~ 500 nm のフィーチャ・サイズを有するフォトニック結晶、約 1 μm ~ 500 μm のサイズを有する微小レンズ構造、三次元構造、等々などのサブ波長フォトニック・デバイスのための微小パターンニングに使用することも可能である。

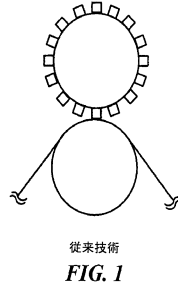
【符号の説明】

【0044】

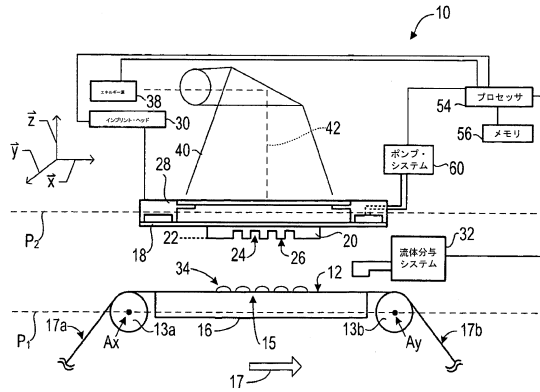
20

10 リソグラフィ・システム； 12 膜シート；  
13, 13 a, 13 b, 13 c, 13 d, 13 e ローラ；  
15 第 1 の部分； 16, 28 チャック； 18 テンプレート；  
20 型； 22 パターンニング表面； 24 凹所； 26 突起；  
30 インプリント・ヘッド； 54 プロセッサ 54； 56 メモリ；  
60 ポンプ・システム。

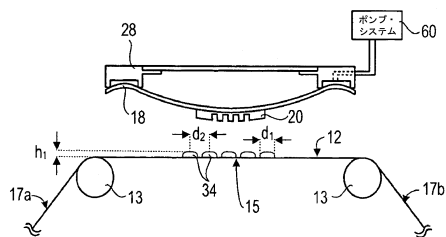
【図 1】



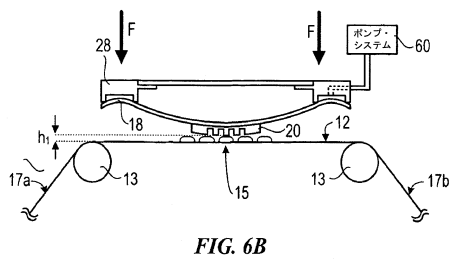
【図 2】



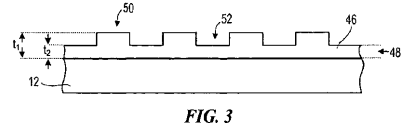
【図 6 A】



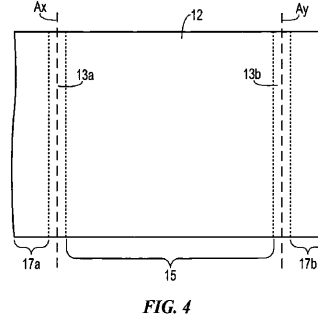
【図 6 B】



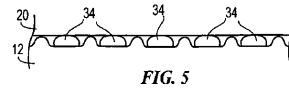
【図 3】



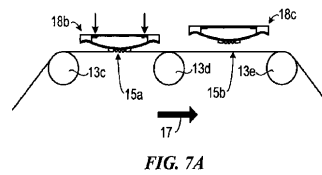
【図 4】



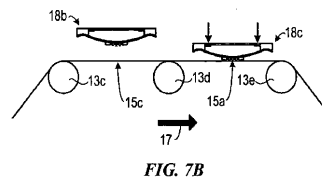
【図 5】



【図 7 A】



【図 7 B】



【図 8】

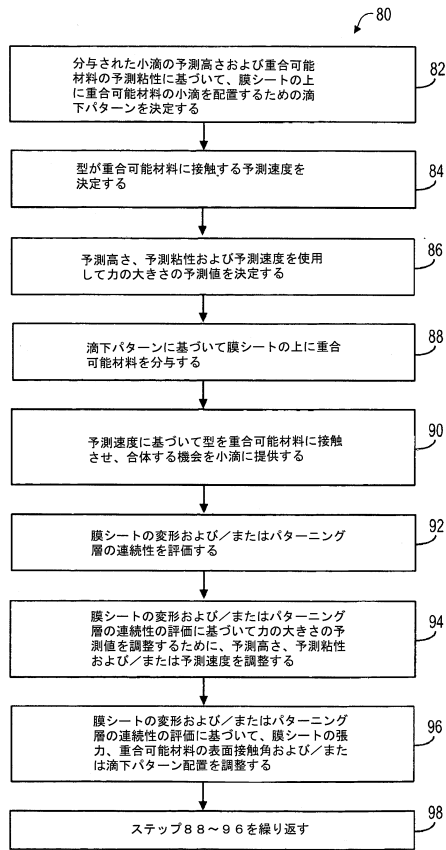


FIG. 8

【図 11】

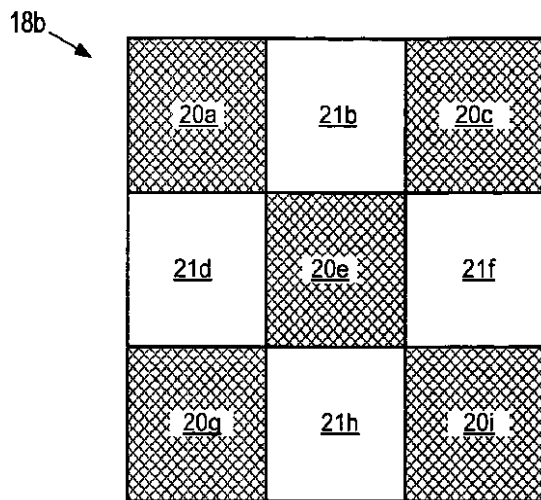


FIG. 11

【図 9】

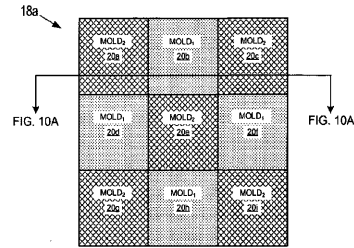


FIG. 9

【図 10A】

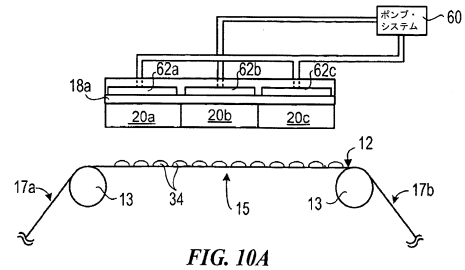


FIG. 10A

【図 10B】

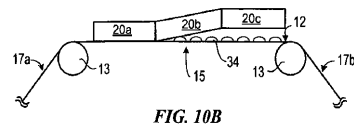


FIG. 10B

【図 12】

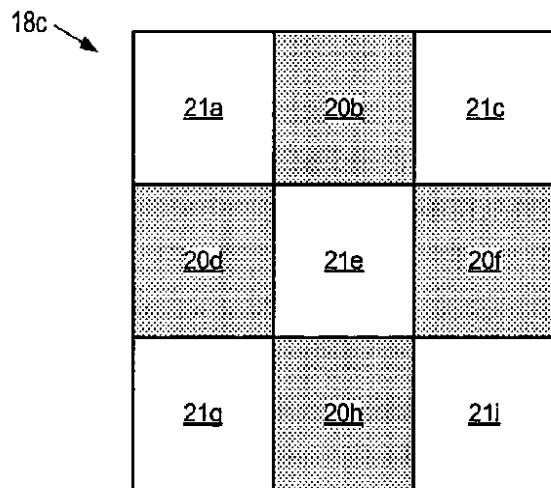


FIG. 12

## 【図 13】

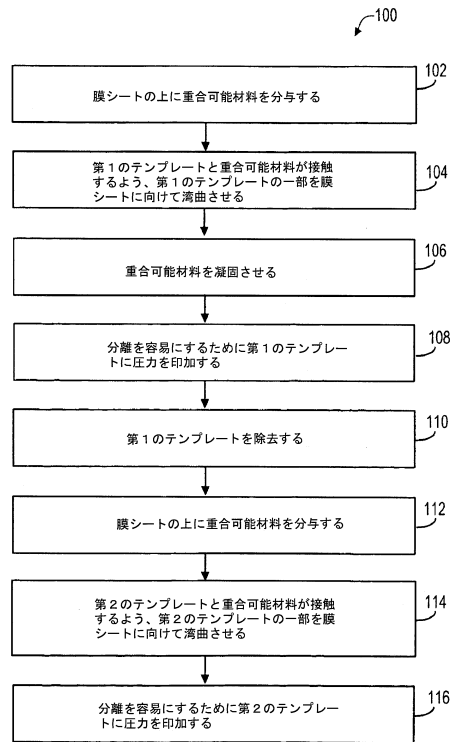


FIG. 13

## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 1 L 21/027 (2006.01) H 0 1 L 21/30 5 0 2 D

(74)代理人 100098394

弁理士 山川 茂樹

(72)発明者 スリニーヴァッサン, シトルガタ・ヴィ  
アメリカ合衆国・78750・テキサス州・オースティン・グランド オーク ドライブ・105  
02

(72)発明者 シンガル, シュラワン  
アメリカ合衆国・78705・テキサス州・オースティン・イースト 30ティエイチ エスティ  
・202・アパートメント 206

(72)発明者 チョイ, ピュン - ジン  
アメリカ合衆国・78750・テキサス州・オースティン・メダリオン レーン・11512

(72)発明者 マックマッキン, イアン・エム  
アメリカ合衆国・78731・テキサス州・オースティン・ノース キャピタル オブ テキサス  
ハイウェイ・7700・ナンバー 1318

審査官 大塚 徹

(56)参考文献 特開2007-176039(JP, A)  
特表2004-523906(JP, A)  
国際公開第2007/136832(WO, A1)  
特表2007-531985(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B29C 59/02  
B05D 1/28  
B05D 3/12  
B05D 7/00  
B05D 7/24  
H01L 21/027